

**(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)**

**(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle**
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
1 août 2002 (01.08.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/060184 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : H04N 7/46,
7/36

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : SANSON, Henri [FR/FR]; 12 Allée des Roseaux, F-35690 ACIGNE (FR). LAURENT-CHATENET, Nathalie [FR/FR]; 3 rue des Frâches, F-35630 VIGNOC (FR). BUISSON, Alexandre [FR/FR]; Résidence "Ondine", Appart B211, 18 rue Noël Blayay, F-35000 RENNES (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR02/00322

(22) Date de dépôt international :
25 janvier 2002 (25.01.2002)

(74) Mandataire : VIDON, Patrice; Cabinet Patrice Vidon, Le Nobel - Bât. A, 2 Allée Antoine Becquerel, BP 90333, F-35703 Rennes Cedex 7 (FR).

(25) Langue de dépôt : français

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI,

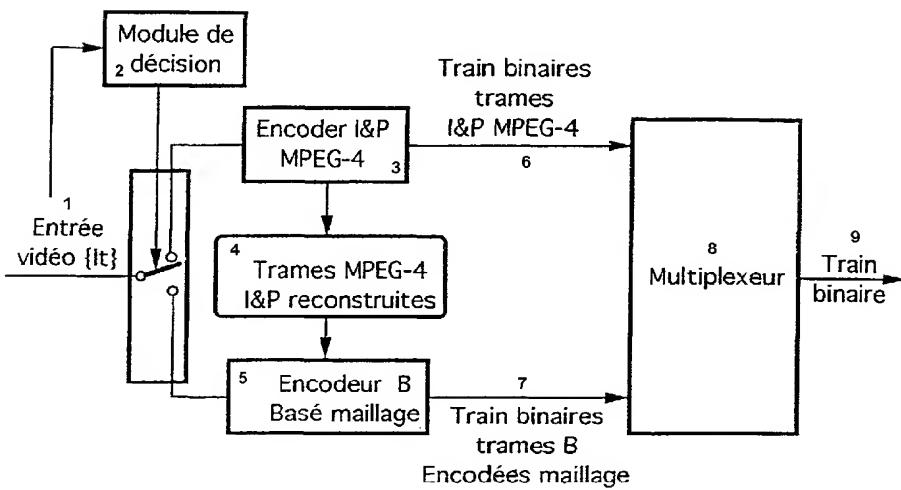
(30) Données relatives à la priorité :
01/01174 26 janvier 2001 (26.01.2001) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6 Place d'Alleray, F-75015 PARIS (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: IMAGE CODING AND DECODING METHOD, CORRESPONDING DEVICES AND APPLICATIONS

(54) Titre : PROCEDE DE CODAGE ET DE DECODAGE D'IMAGES, DISPOSITIFS ET APPLICATIONS CORRESPONDANTS



1...VIDEO INPUT

2...DECISION MODULE

3...I&P MPEG-4 ENCODER

4...RECONSTRUCTED I&P MPEG-4 FRAMES

5...MESH-BASED ENCODER B

6...MPEG-4 I&P FRAME BIT STREAMS

7...MESH-BASED B ENCODED FRAMES BIT STREAM

8...MULTIPLEXER

9...BIT STREAM

(57) Abstract: The invention concerns a method for coding images using selectively at least two image coding modes, each optimising compression of at least a video sequence image on the basis of different optimisation criteria.

[Suite sur la page suivante]

WO 02/060184 A1



SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN,
YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés (régional)** : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

PROCEDE DE ET DE DECODAGE D' IMAGES, DISPOSITIFS,
ET APPLICATIONS CORRESPONDANTS

Le domaine technique de l'invention est celui du codage à réduction de débit des séquences d'images animées, vidéo notamment.

5 Les applications du codage vidéo sont particulièrement nombreuses.

Citons de manière non exclusive :

- La transmission de la TV numérique ;
- La transmission vidéo en temps réel sur différents types de réseaux : IP, mobiles, ("Streaming IP") ;
- Le stockage informatique de vidéos.

10 L'invention s'applique notamment dans le cadre de systèmes mettant en œuvre un codage de type MPEG. Par codage de type MPEG, on entend un codage basé sur une prédition temporelle et une transformation en cosinus discrète basée sur une structure de blocs rigides, souvent de taille fixe, mais éventuellement de taille variable. Les 2 standards représentatifs pour cette famille de codages sont les normes MPEG-4 de la version 1 à 4 et ITU-T/H.263 jusqu'à la version 2. L'invention peut également s'appliquer dans le cadre de la recommandation du CCITT H26L (voir par exemple le document VCEG-N83d1 correspondant).

15 Les schémas de codage et décodage vidéo proposés à ce jour se répartissent en 2 catégories :

- Les codages normalisés, soit par l'ISO/MPEG, soit par l'ITU-T, tous basés sur le même type de techniques (prédition temporelle et une transformation en cosinus discrète basées sur une structure de blocs)
- Les codages en cours de développement proposés par des laboratoires de recherche, qui font appel à un large panel de techniques : Codage par Ondelettes, par Régions, par Fractales, par Maillages, etc. ..

20 Actuellement, le codage MPEG-4 est considéré comme l'état de l'art non seulement des codages normalisés, mais aussi de l'ensemble des codages publiés.

25 Les codages de type MPEG-4 ou ITU-T/H.263++ sont considérés comme ayant atteint leurs limites, notamment à cause de la structure de blocs rigides de

taille fixe utilisée comme support de l'ensemble des calculs et opérations de codage. En particulier, la prédiction temporelle des images au sein d'une séquence est insuffisamment exploitée.

Par ailleurs, les codages alternatifs publiés n'ont pas encore atteint un degré suffisant d'optimisation.

Ainsi, pour permettre d'obtenir des séquences vidéos codées à bas débit, les codeurs procèdent en général à une réduction de la taille des images et au sous-échantillonnage temporel de la séquence vidéo originale. Toutefois, la seconde technique a pour inconvénient de restituer des mouvements saccadés plus ou moins gênants pour l'utilisateur en fonction du niveau de sous-échantillonnage.

Pour éviter de telles saccades, il importe de reconstruire les images manquantes (non codées) au décodeur par interpolation temporelle.

Cependant, les techniques actuelles d'interpolation temporelle d'images ne permettent pas d'obtenir de résultats satisfaisants, surtout lorsqu'elles sont mises en œuvre au seul décodeur. En effet, ces techniques sont la source d'artéfacts visuels liés aux techniques de compensation de mouvement basées blocs qui ne définissent qu'un seul vecteur mouvement pour l'ensemble des pixels d'un bloc.

L'objectif de l'invention est précisément de pallier les limitations des techniques antérieures.

Plus précisément, un objectif de l'invention est de fournir une technique de codage, et de décodage, de données d'images, qui permette d'obtenir un débit réduit et/ou une meilleure qualité d'image reconstruite, par rapport aux techniques connues.

Cet objectif est atteint, selon l'invention, à l'aide d'un procédé de codage d'images, mettant en œuvre sélectivement au moins deux modes de codage d'images, optimisant chacun la compression d'au moins une image d'une séquence vidéo en fonction de critères d'optimisation différents.

Selon plusieurs modes de réalisation avantageux, une information sur le choix d'un desdits modes de codage peut être connue d'un décodeur selon au moins une des techniques appartenant au groupe comprenant :

- choix prédéfini, connu au codage et au décodage ;
 - information représentative du choix incluse dans un flux de données comprenant au moins certaines des données d'images codées ;
- 5
 - information représentative du choix incluse dans un flux de données indépendant des données d'images codées ;
 - détermination du choix de façon intrinsèque, par le décodeur.

Avantageusement, le procédé comprend une étape de sélection d'un mode de codage à appliquer à ladite image, parmi au moins :

- un premier codage optimisant une représentation photométrique d'une image ;
- un second codage optimisant une représentation du mouvement entre au moins deux images.

Ainsi, la présente invention concerne un nouveau procédé de codage vidéo par hybridation d'un codage notamment de type MPEG et d'un codage par interpolation temporelle basée sur une représentation par maillages, ainsi que le procédé de décodage et la structure de la représentation binaire associée.

PREFERENTIELLEMENT, ledit second codage tient compte d'au moins une image précédente et/ou au moins une image suivante codée à l'aide dudit premier codage.

De façon avantageuse, ledit second codage tient compte d'un champ de vecteurs mouvement calculé à partir de l'image immédiatement précédente codée à l'aide dudit premier codage et/ou d'un champ de vecteurs mouvement calculé à partir de l'image immédiatement suivante codée à l'aide dudit premier codage.

25 Avantageusement, ces champs de vecteurs sont appliqués à un maillage.

Dans ce cas, lesdits champs de vecteurs mouvement peuvent être utilisés pour déterminer un champ de vecteurs mouvement déduit, associé à une image codée à l'aide dudit second codage.

Selon un mode de réalisation préférentiel de l'invention, ladite étape de 30 sélection repose sur la mise en œuvre d'un sous-échantillonnage de facteur fixé N,

une image sur N étant codée à l'aide dudit premier codage.

Avantageusement, cette valeur N est variable, en fonction d'au moins un critère prédéterminé.

Selon un mode de réalisation particulier, ledit premier codage met en œuvre une transformation sur des blocs d'images et une prédiction temporelle par blocs. Cette transformation est par exemple du type DCT, transformation de Hadamard, transformation en ondelettes,...

On notera que les blocs d'images ne sont pas forcément carrés, mais peuvent prendre toute forme adaptée aux besoins et aux moyens disponibles.

Ce premier codage peut notamment être d'un codage MPEG-4 ou H26L.

Dans ce dernier cas, on utilisera préférentiellement des images de type I (intra) et/ou de type P (prédictif) (et non, préférentiellement, des images de type B).

Selon un autre aspect particulier de l'invention, ledit second codage repose avantageusement sur la mise en œuvre d'un maillage hiérarchique de M niveaux, M étant supérieur ou égal à 1, et par exemple un maillage triangulaire.

Dans ce cas, le procédé comprend préférentiellement une étape de gestion des zones d'occlusions.

Les données produites peuvent être regroupées dans un flux unique. Avantageusement, on peut prévoir au moins deux flux de données, pouvant être transmis sur des voies de transmission indépendantes.

Lesdits flux de données appartiennent avantageusement au groupe comprenant :

- une entête globale ;
- des données d'image codées selon ledit premier codage ;
- des données d'image codées selon ledit second codage.

La transmission des flux peut donc avoir lieu de façon indépendante. Cela permet notamment un décodage progressif et/ou partiel des images, en fonction des moyens et des besoins.

Ainsi, selon un mode de réalisation particulier de l'invention, on exploite

notamment les aspects suivants :

- Optimisation poussée des modules constitutifs des codages normalisés de type MPEG ou ITU-T/H.263
- Prédiction temporelle et codage d'erreur associé performants pour les techniques basées maillage.

En effet, l'approche basée maillage permet d'éviter les effets de bloc habituels grâce à l'utilisation de champs de mouvement continus. De plus, la technique des maillages permet de détecter les occultations « d'objets », ainsi qu'un codage de l'erreur bien adapté à ces zones. En combinant de plus un codage d'erreur de type MPEG autour de ces zones, il est possible d'améliorer sensiblement l'efficacité de l'interpolation à un coût largement inférieur aux images bidirectionnelles (images de type B) proposées par MPEG.

Ainsi, on peut coder efficacement l'information de base à une faible résolution temporelle grâce au codage de type MPEG, avec une bonne qualité, puis restituer la pleine fluidité de la séquence grâce au codage en mode interpolé par maillage.

L'invention concerne également, bien sûr :

- les procédés de décodage d'un signal d'images codé à l'aide du procédé de codage décrit ci-dessus ;
- les dispositifs de codage d'un signal d'images codé à l'aide du procédé de codage décrit ci-dessus ;
- les dispositifs de décodage d'un signal d'images codé à l'aide du procédé de codage décrit ci-dessus (comprenant avantageusement des moyens de détermination d'au moins une partie d'un champ de vecteurs et/ou d'au moins une partie des zones d'occlusion, similaires à ceux mis en œuvre lors du codage) ;
- les dispositifs de stockage d'au moins un signal d'images codé à l'aide du procédé de codage décrit ci-dessus ;
- les systèmes de codage, de transmission et/ou de décodage d'un signal d'images codé à l'aide du procédé de codage décrit ci-dessus

(le choix d'un desdits modes de codage pouvant avantageusement être connue d'un décodeur selon au moins une des techniques appartenant au groupe comprenant :

- choix prédéfini, connu au codage et au décodage ;
- 5 - information représentative du choix incluse dans un flux de données comprenant au moins certaines des données d'images codées ;
- information représentative du choix incluse dans un flux de données indépendant des données d'images codées ;
- 10 - détermination du choix de façon intrinsèque, par le décodeur) ;
- les produits programme d'ordinateur pour le codage et/ou le décodage d'un signal d'images codé à l'aide du procédé de codage ;
- les supports de données d'un tel programme.

15 L'invention concerne également les signaux de données d'images comprenant des données codées selon le procédé décrit ci-dessus.

Avantageusement, ce signal comprend au moins un indicateur indiquant si le procédé est ou non activé.

20 De façon préférentielle, le signal comprend une donnée précisant la structure des trames, en début de séquence vidéo et/ou dans chaque trame de signal.

Avantageusement, une séquence codée à l'aide dudit second codage débute par une entête précisant le nombre de trames codées selon ce second codage.

25 Selon un mode de réalisation particulier, le signal comprend au moins deux flux de données, pouvant être transmis sur des voies de transmission indépendantes.

Dans ce cas, lesdits flux de données appartiennent avantageusement au groupe comprenant :

- une entête globale ;
- 30 - des données d'image codées selon ledit premier codage ;

- des données d'image codées selon ledit second codage.

L'invention trouve des applications dans de nombreux domaines, et notamment dans les domaines appartenant au groupe comprenant :

- la télévision numérique ;
- la vidéo temps réel sur réseau IP ;
- la vidéo temps réel sur réseau vers les mobiles ;
- le stockage de données d'images.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés parmi lesquels :

- la figure 1 est un schéma de principe du codage de l'invention ;
- la figure 2 présente un exemple de structure de maillage hiérarchique pour le mouvement ;
- la figure 3 illustre le principe de l'interpolation affine sur une maille triangulaire ;
- la figure 4 est un exemple d'occultation détectée par recouvrement de triangles ;
- la figure 5 illustre le processus de transformation d'un triangle quelconque de l'image en une matrice carrée symétrique ;
- la figure 6 illustre la transformation d'un triangle quelconque en un triangle isocèle rectangle ;
- la figure 7 illustre un maillage hiérarchique et la représentation par arbre quaternaire associée ;
- la figure 8 est un exemple de décision de codage pour le maillage hiérarchique ;
- la figure 9 présente une structure globale d'un train binaire selon l'invention ;
- la figure 10 présente un diagramme bloc d'un décodeur selon l'invention.

5

10

15

20

25

30

Le mode de réalisation de l'invention décrit ci-après consiste essentiellement en l'hybridation d'un codage de type MPEG, par exemple MPEG-4 avec un codage par maillage fonctionnant en mode interpolé, appelé également mode B ou images B dans les normes MPEG.

5 Notons que le codage MPEG-4 mentionné ici peut être remplacé par tout codeur basé sur des techniques équivalentes, c'est-à-dire utilisant une prédiction temporelle et une transformation en cosinus discrète basées sur une structure de blocs, et les quantifications et codages entropiques pour les informations générées. En particulier, un codage ITU-T/H.263++ peut être substitué au codage MPEG-4.

10 Pour chaque image de la séquence entrant dans le codeur, ce dernier décide en fonction d'un certain processus de décision (par exemple, un sous-échantillonnage temporel de facteur fixé) de la coder avec le module d'encodage MPEG-4, ou bien avec le module d'encodage basé maillage.

15 Les images codées en mode maillage utilisent comme références pour leur prédiction temporelle les images codées en mode MPEG-4 située immédiatement avant ou immédiatement après le groupe d'images codées en mode maillage auquel elles appartiennent.

20 Le point clé de l'efficacité en compression de l'invention est que la compensation de mouvement basée maillage conduit à une prédiction temporelle très performante, pour un coût de codage associée très faible.

En effet, cette technique :

- Prend en compte différents types de mouvements dans les images
- Traite proprement les recouvrements et découvrements de zones dus aux mouvements d'objets.

25 La figure 1 donne une vue générale du principe du codeur.

Tout d'abord, les images entrantes sont aiguillées soit vers le module d'encodage MPEG, soit vers le module d'encodage base maillage, selon un mode de décision donné, par exemple selon un rythme prédéfini : 1 image sur N est codée en MPEG, les autres en mode interpolé maillage. On note N_k les numéros 30 des images codées en mode MPEG.

Toutes les autres images I_l , $N_k < l < N_{k+1}$, sont encodées par un encodeur basé sur un maillage, par exemple triangulaire, fonctionnant en mode interpolé dit mode B. le principe général de cet encodeur est le suivant :

1. Calcul des champs de mouvement avant et arrière entre les images N_k et N_{k+1} . Ces champs sont modélisés sous forme de maillages, triangulaires.
- 2a. Estimation des zones prédictibles : lors de l'interpolation, on estime le mouvement entre I_t et $I_{t'}$. Si l'application des vecteurs mouvements ne conduit à aucun retournement (ce qui signifie que l'on est en présence d'une zone prédictible), on réalise une compensation de mouvement en pondérant les vecteurs par un scalaire k ($0 \leq k \leq 1$) de manière à interpoler I_{t+k} avec $t+k$ appartenant à $[t, t']$. Trois approches sont envisageables pour la compensation de mouvement. Elles sont décrites par la suite ;
- 2b. Estimation des zones non prédictibles : Détection des zones d'occultation, non prédictibles, dans les images I_l à coder, à partir de la connaissance de ces champs de mouvement
3. Codage spécifique de ces zones d'occultation selon l'un des trois modes possibles suivants :
 - Prédiction avec l'une des images de référence (N_k , N_{k+1} , ou ces images compensées en mouvement avec leurs champs de mouvement) sans compensation de mouvement, puis codage de l'erreur de prédiction avec une technique basée maillage triangulaire
 - Prédiction avec l'une des images de référence (N_k , N_{k+1} , ou ces images compensées en mouvement avec leurs champs de mouvement) avec compensation de mouvement intra-image, puis codage de l'erreur de prédiction avec une technique basée maillage triangulaire
 - Codage intra-image basé avec une technique basée maillage

triangulaire.

4. Optionnellement, codage de type MPEG mode P de l'erreur résiduelle de prédiction ou de codage, limité à une zone autour de la zone d'occultation.

5 Comme mentionné plus haut, la compensation de mouvement peut être effectuée selon trois approches : avec une estimation avant, avec une estimation arrière ou avec une estimation avant et une estimation arrière.

1) avec une estimation avant :

· Lors de l'interpolation, on estime le mouvement entre I_{t_1} et I_{t_2} . Si l'application des vecteurs mouvement ne conduit à aucun retournement (ce qui correspond aux zones prédictibles) alors on réalise une compensation de mouvement en pondérant les vecteurs par un scalaire $k = m/(t_1+t_2)$ ($0 < k < 1$) de manière à interpoler I_m avec m appartenant à $[t_1, t_2]$. On obtient l'image estimée E_1 .

15 2) avec une estimation arrière :

Lors de l'interpolation, on estime le mouvement entre I_{t_2} et I_{t_1} . Si l'application des vecteurs mouvements ne conduit à aucun ce qui correspond aux zones prédictibles) alors on réalise une compensation de mouvement en pondérant les vecteurs par un scalaire $k' = 1-m/(t_1+t_2)$ ($0 \leq k' \leq 1$) de manière à interpoler I_m avec m appartenant à $[t_1, t_2]$. On obtient l'image estimée E_2 .

20 3) les deux ensemble :

Lors de l'interpolation, on estime le mouvement I_{t_1} et I_{t_2} et entre I_{t_2} et I_{t_1} . Si l'application des vecteurs mouvements ne conduit à aucun retournement (ce qui correspond aux zones prédictibles), alors on réalise une compensation de mouvement en pondérant les vecteurs "avant" par un scalaire k ($0 \leq k \leq 1$) et l'on obtient E_1 . On fait de même avec les vecteurs "arrière" par un scalaire k' ($0 \leq k' \leq 1$) et on obtient E_2 . L'image estimée est alors $E=aE_1+(1-a)E_2$ avec $0 \leq a \leq 1$.

25 30 On prend à chaque fois moyennant 2 bits la meilleure des solutions après

calcul du PSNR entre la solution estimée et l'image source associée.

1. Calcul des champs de mouvement avant et arrière entre les images

N_k et N_{k+1}

Des champs de mouvement avant et arrière entre les images N_k et N_{k+1} sont calculés, sous la forme de maillages hiérarchiques, par exemple triangulaires, T^b_k et T^f_{k+1}, comme indiqué figure 2.

De tels maillages sont obtenus par division de certaines mailles, par exemple, les mailles triangulaires sont divisées en 4 sous-triangles, en fonction d'un certain critère au cours du processus d'estimation du mouvement. À chaque niveau de la hiérarchie, les décisions de division ou non sont prises pour chaque maille. Une fois ces divisions décidées, les mailles adjacentes des mailles divisées sont alors divisées de sorte à conserver une structure de maillage conforme. Le maillage initial, avant division (sommet de la hiérarchie), peut être quelconque.

Dans l'exemple de la figure 2, l'estimateur de mouvement décide de diviser les triangles 3 et 8. ceci entraîne la division des triangles 2, 4, 7 et 9. le processus est itéré jusqu'à un niveau prédéfini de hiérarchie.

Dans le cas de maillages triangulaire, l'expression du champ de mouvement défini par un maillage triangulaire T est donné sur chaque triangle e par :

$$\vec{d}(\vec{p}, D) = \sum_{n \in \text{ver}(e)} \Psi_n^e(\vec{p}) \vec{d}_n, \quad \forall \vec{p}(x, y) \in e$$

où :

- e dénote l'élément triangulaire de T contenant le point courant \vec{p} de coordonnées x et y,

- {ver(e)} dénote l'ensemble de ses trois nœuds ou sommets, numérotés i, j,

k de positions \vec{p}_i, \vec{p}_j et \vec{p}_k ,

- Ψ_l ($l = i, j, k$) représente les coordonnées barycentriques du point $\vec{p}(x, y)$ dans l'élément triangulaire $e_{i,j,k}$ avec :

$$\begin{cases} \Psi_l^e(x, y) = \alpha_l^e + \beta_l^e x + \gamma_l^e y, \alpha_l^e, \beta_l^e, \gamma_l^e \in \Re & \text{si } \vec{p}(x, y) \in e_{i,j,k} \\ \sum_{l=i,j,k} \Psi_l^e(x, y) = 1 & \\ \Psi_l^e(x, y) = 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Un tel modèle définit un champ partout continu. De plus, il permet un contrôle fin de la précision de représentation, caractéristique essentielle pour la compression.

À chaque niveau de la hiérarchie de maillages, les vecteurs nodaux de mouvement sont calculés de sorte à minimiser une erreur de prédiction. Différents estimateurs de mouvement basés maillages peuvent être utilisés, par exemple celui décrit dans le brevet FR n° 98 11227, ou FR n° 99 15568.

Le point important est que le maillage final résulte d'un processus hiérarchique à partir d'un maillage initial par divisions. Ce caractère hiérarchique est en effet mis à profit pour le codage différentiel des vecteurs nodaux de mouvement entre un nœud et ses nœuds parents (les extrémités de l'arc sur lequel il a été inséré). La structure du maillage est recalculée au décodeur à partir de la connaissance du maillage initial, et des indicateurs de division de mailles.

Ainsi, en fin de processus, 2 maillages de mouvement sont obtenus pour chaque groupe d'images comprises entre les images N_k et N_{k+1} , utilisés pour reconstruire l'ensemble des images du groupe.

2. Détection des zones d'occultation

À partir de ces 2 maillages, les zones d'occultation, c'est-à-dire non prédictibles dans l'image N_k à partir de l'image N_{k+1} ou vice-versa, du fait du recouvrement ou du découvrement d'objets, sont détectées.

Ces zones sont simplement définies par les triangles se recouvrant, une fois déplacés par leurs vecteurs nodaux.

La figure illustre la détection d'occultation base sur le recouvrement de triangles après déplacement.

Le codeur peut poursuivre l'estimation de mouvement en désactivant les triangles des zones d'occultation, de manière à obtenir des vecteurs déplacement moins biaisés.

Ceci est cependant strictement interne à la stratégie du codeur, et au final, c'est 2 maillages de mouvement complets T^b_k et T^f_{k+1} qui sont codés et insérés dans le train binaire. Le décodeur est alors capable de retrouver les zones d'occultation

à partir de ces 2 maillages.

Ces zones d'occultation sont définies sur les images N_k et N_{k+1} et une fois détectés, les triangles leur appartenant sont étiquetés en conséquence, au codeur comme au décodeur.

5 Cependant, le codeur a besoin de connaître ces zones sur les images N_k+1 à $N_{k+1}-1$. Celles-ci sont simplement obtenues par projection des maillages T^b_k et T^f_{k+1} sur l'image à coder, par application des vecteurs mouvement nodaux, renormalisés pour tenir compte de la distance temporelle entre l'image courante et l'image de référence N_k ou N_{k+1} .

10 3. Codage des zones d'occultation :

Pour chaque zone d'occultation, l'image de référence pour une éventuelle prédiction est sélectionnée parmi I_{N_k} , $I_{N_{k+1}}$, mais aussi I^c_1 , qui est l'image obtenue à l'instant 1 par compensation de mouvement avec le maillage T^b_k ou T^f_{k+1} à un niveau où il n'y a pas encore de recouvrement de maille.

15 Plus précisément, le choix entre I_{N_k} et $I_{N_{k+1}}$ dépend simplement du maillage T^b_k ou T^f_{k+1} ayant engendré la zone courante d'occultation. Ensuite, ce maillage est utilisé pour prédire l'image et donner I^c_1 . Le choix entre I^c_1 et I_{N_k} ou $I_{N_{k+1}}$ se fait sur critère d'erreur de prédiction : l'image donnant l'erreur la plus faible est retenue. Ainsi, il suffit d'insérer 1 bit dans le flux binaire, par zone, pour 20 coder le choix de la prédiction retenue.

Notons I_r l'image de référence sélectionnée.

Le reste du codage de ces zones consiste en 2 étapes :

- Une étape de prédiction
- Une étape de codage de l'erreur de prédiction ou de la texture originale en cas de mauvaise prédiction

25 *3.1 Prédiction résiduelle de la texture des zones d'occlusion*

3 modes peuvent être utilisés, de manière exclusive. La décision est prise sur critère de moindre erreur.

Mode 1:

30 Les valeurs Y, U et V d'un pixel de la zone sont simplement celle du pixel

de même localisation de l'image de référence I_r . Soit \hat{I}_l l'image résultante. On code alors l'erreur de prédiction entre \hat{I}_l et I_l .

Mode 2:

Une estimation de mouvement est alors réalisée entre I_l (l'image à coder) et \hat{I}_l (le résultat de la prédiction du mode 1) sur la zone d'occultation. Le maillage résultant, issu du dernier niveau du maillage T_r , $r=k$ ou $k+1$, avant les recouvrements de mailles, est alors codé ainsi que ses mouvements nodaux. Enfin, l'erreur résiduelle de prédiction est codée selon une procédure définie plus loin.

Mode 3:

On n'effectue aucune prédiction et on code les valeurs originales des pixels de la zone.

4. Codage de la texture ou de l'erreur de prédiction sur les zones d'occultation.

La texture originale et l'erreur de prédiction subissent le même codage, dont le principe est le suivant :

On suppose qu'un maillage triangulaire initial a pu être défini à partir du maillage de mouvement T_r retenu pour la prédiction de la zone à coder. La façon de dériver ce maillage initial sera décrit plus loin.

La texture est alors approximée sur chaque maille en fonction d'un choix:

- Les mailles riches en hautes fréquences sont codées à base de transformée en cosinus discrète, dite DCT
- Les mailles plus lisses sont codées par un modèle d'éléments finis, affine.

Là encore, on va tirer parti d'une approche hiérarchique pour diminuer le coût de codage de la représentation par maillage.

L'approche retenue permet de conserver le faible coût de codage associé à une hiérarchie régulière de mailles tout en permettant l'adaptation locale au contenu des images permise par la décomposition irrégulière de mailles.

À partir du maillage initial grossier de la zone, les mailles sont subdivisées en 4 sous-mailles triangulaires jusqu'à un niveau donné.

Sur le dernier niveau, une permutation optionnelle des diagonales des quadrillatères engendrés par 2 triangles adjacents peut être mise en œuvre, si cela induit une baisse de l'erreur d'approximation.

4.1 Initialisation du maillage de texture sur les zones d'occultation

Ce maillage est simplement donné par le dernier niveau de Tr (maillage résultant du déplacement de T_k ou T_{k+1} selon le sens retenu) avant apparition des retournements sur la zone considérée. Ainsi, on a un maillage de texture qui s'insère de manière naturelle dans le maillage mouvement, puisque extrait de ce dernier.

4.2 Représentations utilisées pour la texture sur les triangles

2 représentations sont combinées : l'interpolation affine et la DCT triangulaire.

Interpolation affine

Les nœuds du maillage triangulaire portent l'information photométrique (couleur, erreur) et l'interpolation pour les points à l'intérieur du triangle est effectuée par un élément fini de Lagrange, également appelé interpolation affine.

La valeur $v(\vec{p})$ du point $\vec{p}(x, y)$ intérieur au triangle $e_{i,j,k}$ défini par les 3 nœuds $\vec{p}_l, l = i, j, k$ est donnée par l'équation suivante :

$$v(\vec{p}) = \sum_{l=i,j,k} \Psi_l^e(x,y)(\vec{p}_l)$$

où Ψ_l ($l = i, j, k$) représente les coordonnées barycentriques du point.

$v(\vec{p})$ peut être l'une des composantes photométriques Y, U ou V du point, ou encore l'erreur de prédiction pour ces composantes.

Plusieurs méthodes peuvent être employées pour le calcul des valeurs nodales, en particulier la méthode des moindres carrés.

Transformation en cosinus discrète (DCT) sur les triangles

Le principe de la méthode consiste à transformer un triangle quelconque en un triangle de référence isocèle rectangle. Le contenu de ce triangle est alors symétrisé par rapport à l'hypoténuse pour donner une matrice carrée symétrique (figure 4).

Une DCT classique (carrée) est alors appliquée à cette matrice. On peut

montrer que la matrice transformée est aussi symétrique. Seuls les coefficients de son triangle inférieur sont alors quantifiés puis codés statistiquement (codage entropique).

La figure 4 décrit les différentes étapes du processus : sélection du triangle T, transformation affine de celui-ci en un triangle isocèle rectangle T'. Du fait de la transformation affine, les pixels du triangle ne sont plus situés sur une grille orthogonale régulièrre, et il convient de ré-échantillonner les valeurs photométriques de l'intérieur du triangle de référence. On utilise pour cela un processus analogue à celui d'une compensation de mouvement dans l'image (en l'occurrence la transformation affine), à l'aide d'un interpolateur, par exemple bilinéaire.

La transformation affine F et son inverse F^{-1} sont définies par les équations suivantes :

$$F : \begin{cases} X = \frac{(x_2 - x_1)(y_1 - y) + (y_1 - y_2)(x_1 - x)}{(x_3 - x_1) + (y_2 - y_1) + (y_1 - y_3)(x_2 - x_1)} N \\ Y = \frac{(x_1 - x_3) + (y_1 - y) + (y_3 - y_1)(x_1 - x)}{(x_3 - x_1)(y_2 - y_1) + (y_1 - y_3)(x_2 - x_1)} N \end{cases}$$

$$F^{-1} : \begin{cases} x = x_1 + (x_3 - x_1) \frac{X}{N} + (x_2 - x_1) \frac{Y}{N} \\ y = y_1 + (y_3 - y_1) \frac{X}{N} + (y_2 - y_1) \frac{Y}{N} \end{cases}$$

Les valeurs photométriques $M(i, j)$ du triangle T' (donc du bloc M, symétrisé de T') sont obtenues par transformation inverse F^{-1} puis interpolation Γ de la texture de l'image à coder :

$$M(i_Y, j_X) = I_\Gamma(P_{(x,y)}) = I_\Gamma(F^{-1}(Q_{(x,y)}))$$

où :

le coefficient $M(i_Y, j_X)$ est la valeur au point $Q(X, Y)$ dont le transformé $P(x, y)$ est $F^{-1}(Q)$

I_Γ dénote l'interpolateur utilisé pour calculer la valeur de l'image au point, de coordonnées potentiellement non entières.

La reconstruction $\hat{\Gamma}$ de la texture Γ est donnée par :

$$\hat{\Gamma}(P_{(x,y)}) = I_{\hat{\Gamma}}(Q_{(x,y)}) = I_{\hat{\Gamma}}(F(P_{(x,y)}))$$

où $I_{\hat{f}}$ dénote la texture interpolée à partir des valeurs du bloc M' , version quantifiée de M .

Cette technique ne peut être appliquée qu'aux seuls triangles d'aire non nulle. Mais de tels triangles ne nécessitent pas de codage de texture par définition.

Contrairement à la SADCT (DCT adaptée à une forme), cette transformation ne garantit pas la reconstruction parfaite après transformation inverse, même en l'absence de quantification.

Afin de réduire l'erreur de reconstruction, un facteur d'échelle α est introduit pour le calcul du bloc M_i (de taille $N_i \times N_i$) pour chaque triangle i :

$$N_i = E(\alpha \sqrt{2A_i})$$

où :

- E est la partie entière par excès,
- A_i est l'aire du triangle i .

En fait, $\alpha = 1$ réalise un compromis intéressant, qui est plus efficace pour les triangles proche d'un isocèle. Le cas $\alpha < 1$ est utilisé conjointement au pas de quantification pour comprimer le volume d'information.

Une fois le bloc M_i défini pour chaque triangle, une transformation DCT classique leur est appliquée, et les coefficients transformés sont quantifiés selon plusieurs procédés possibles, par exemple une quantification scalaire uniforme, ou encore une quantification incrémentale avec la fréquence du coefficient transformée. L'emploi des matrices de quantification MPEG ou JPEG bien connues est également possible.

L'expression de la DCT est donnée par :

$$F(u, v) = \frac{1}{\sqrt{NM}} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} \lambda(u)\lambda(v) \cos \frac{(2i+1)\pi}{2N} \cos \frac{(2j+1)\pi}{2M} f(i, j)$$

$$\lambda(\xi) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{if } \xi = 0 \\ 1 & \text{sinon} \end{cases}$$

On a la relation $F(u, v) = F(v, u)$ car :

$f(i, j) = f(j, i)$ ($\forall u, v, i, j = 0, \dots, N-1$) par définition.

Par conséquent, on peut se contenter de ne calculer que les coefficients de la partie inférieure de la matrice transformée.

4.3 codages global de texture

Comme indiqué précédemment, on utilise un maillage hiérarchique uniforme obtenu par division de chaque triangle d'un niveau donné de la hiérarchie en 4 sous-triangles, par insertion de nœuds au milieu des arcs. Le processus est répété itérativement jusqu'à un niveau maximal. Cette hiérarchie de triangles est également représentée et gérée par le codeur sous forme d'un arbre quaternaire (figure 5). Notons que seuls les triangles inclus dans la zone à coder sont pris en compte. Le procédé de construction du maillage initial de base garanti que tout triangle de la hiérarchie de maillage appartient à la zone à coder.

Le processus de codage par maillage d'une zone d'occultation peut être résumé de la manière suivante :

- ① un maillage hiérarchique imbriqué est défini sur la zone à coder, par création d'un maillage initial régulier puis sub-division itérative des triangles en 4 sous-triangles par insertion de nouveaux nœuds au milieu des arcs. Les valeurs aux nœuds sont calculées pour minimiser l'erreur d'approximation de la zone par le maillage ;
- ② les valeurs des pixels sont approchées par une interpolation affine sur le triangle les contenant à partir de ses valeurs aux nœuds.

Pour chaque triangle de la hiérarchie, on évalue alors l'erreur d'approximation E puis on décide des différents mode de représentation et codage en fonction de 2 seuils : σ_1 et σ_2 :

- ① si $E < \sigma_1$, l'interpolation affine est suffisante sur le triangle ;
- ② si $\sigma_1 < E < \sigma_2$, il faut utiliser une décomposition plus fine du triangle pour obtenir une bonne approximation, toujours par interpolation affine.
- ③ si $E > \sigma_2$, le triangle est texturé et on code l'erreur d'interpolation affine en utilisant la DCT.

Enfin, sur le maillage le plus fin, on teste la diminution d'erreur apportée

par la permutation de diagonale des quadrilatères formés par 2 triangles adjacents.
En cas de résultat positif, on valide cette permutation.

Selon les modes de codage choisis pour les différents triangles, on code les différentes informations de la manière suivantes

5 Les valeurs nodales YUV sont d'abord prédites à partir des valeurs des noeuds parents (extrémités de l'arc où on a inséré le noeud courant). La différence entre la valeur du noeud et sa valeur prédite est alors quantifiée.

Enfin, la structure de l'arbre quaternaire (incluant les indicateurs de division ou non des triangles), les indicateurs de permutation de diagonales, les 10 valeurs différentielles nodales de YUV et les coefficients DCT quantifiées sont codés par un codeur arithmétique et insérés dans le train binaire.

5. Résumé des informations codées dans le flux binaire des trames codées par maillage

Chaque groupe de trames encodées en mode maillage entre N_k+1 et $N_{k+1}-1$ (où N_k N_{k+1} sont respectivement la trame précédente et la trame suivante encodée en mode MPEG) est représenté comme un tout dans le flux binaire.

L'information véhiculée comprend, sous forme codée :

Une entête pour l'ensemble du groupe de trames, incluant entre autres le nombre réel de trames encodées.

20 Les maillages de mouvement (structure et vecteurs déplacement des noeuds) T_k^b et T_{k+1}^f .

La texture d'erreur de prédiction ou originale, pour chaque image du groupe.

6. Structure globale du train binaire

25 Le train binaire global consiste en une succession de trames encodées en mode MPEG, et de groupes de trames encodés en mode maillage, comme indiqué figure 8.

L'entête globale du train binaire représentatif de la séquence codée contient entre autres l'indication de codage hybride.

30 La partie du train binaire correspondant à un groupe de trames codées en

mode maillage débute par une entête indiquant entre autres le nombre de trame effectivement codées, éventuellement nul.

Les différents flux de données (trains binaires) correspondant respectivement à l'entête globale de la séquence codée, aux images encodées MPEG et aux groupes d'i images encodées en mode interpolé par maillage peuvent être envoyés sur différentes voies indépendantes si besoin. En particulier, le procédé de codage permet le décodage hiérarchique (ou scalable) de la séquence, c'est-à-dire un décodage n'utilisant qu'une partie du débit total.

7. Processus de décodage

La figure 9 donne une vue générale du principe du décodage.

Tout d'abord, le décodage de l'entête permet d'activer le décodage hybride.

Ensuite, le décodeur reconnaît pour chaque partie du train binaire correspondant à une entité autonome s'il s'agit d'une trame encodée MPEG-4 ou d'un groupe de trames encodées par maillage.

Les trames MPEG-4 sont fournies au module de décodage MPEG-4, et les groupes de trames codées en mode maillage sont fournies au module de décodage par maillage.

7.1 Décodage basé maillage

Tout d'abord, les maillages de mouvement T^b_k et $T^f_{(k+1)}$ pour le groupe d'images I_l , $N_k < l < N_{k+1}$ sont décodés.

Ensuite, les zones d'occultation pour ces images sont retrouvées selon le même procédé qu'au codeur.

Les pixels en dehors des zones d'occultation sont simplement interpolés à partir des images I_{N_k} et $I_{N_{k+1}}$ et des champs de mouvement T^b_k et T^f_{k+1} .

Le maillage de texture le plus grossier (sommet de la hiérarchie) est retrouvé pour chaque zone d'occultation selon un procédé identique à celui du codeur.

L'information associée au maillage hiérarchique correspondant (indicateur de division de triangles, décisions d'interpolation affine ou de codage DCT, valeur YUV nodale différentielles et coefficients DCT quantifiés) est alors décodée et les

valeurs YUV des pixels de ces zones reconstruits.

REVENDICATIONS

1. Procédé de codage d'images, caractérisé en ce qu'il met en œuvre sélectivement au moins deux modes de codage d'images, optimisant chacun la compression d'au moins une image d'une séquence vidéo en fonction de critères 5 d'optimisation différents.

2. Procédé de codage selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une information sur le choix d'un desdits modes de codage est connue d'un décodeur selon au moins une des techniques appartenant au groupe comprenant :

- choix prédéfini, connu au codage et au décodage ;
- 10 information représentative du choix incluse dans un flux de données comprenant au moins certaines des données d'images codées ;
- information représentative du choix incluse dans un flux de données indépendant des données d'images codées ;
- 15 détermination du choix de façon intrinsèque, par le décodeur.

3. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de sélection d'un mode de codage à appliquer à ladite image, parmi au moins :

- 20 un premier codage optimisant sensiblement une représentation photométrique d'une image ;
- un second codage optimisant sensiblement une représentation du mouvement entre au moins deux images.

4. Procédé de codage selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit second codage tient compte d'au moins une image précédente et/ou au moins 25 une image suivante codée à l'aide dudit premier codage.

5. Procédé de codage selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit second codage tient compte d'un champ de vecteurs mouvement calculé à partir de l'image immédiatement précédente codée à l'aide dudit premier codage 30 et/ou d'un champ de vecteurs mouvement calculé à partir de l'image

immédiatement suivante codée à l'aide dudit premier codage.

6. Procédé de codage selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit champ de vecteurs mouvement est appliqué à un maillage.

5 7. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que lesdits champs de vecteurs mouvement sont utilisés pour déterminer un champ de vecteurs mouvement déduit, associé à une image codée à l'aide dudit second codage.

10 8. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que ledit second codage met en œuvre une estimation de mouvement avant, entre une image I_{t1} et une image suivante I_{t2} , et une étape de compensation de mouvement dans laquelle les vecteurs mouvement obtenus lors de ladite estimation de mouvement et ne conduisant à aucun retournement sont pondérés par un scalaire $k = m/(t_1 + t_2)$, $0 < k < 1$, de façon à interpoler au moins une image $Im1$, m appartenant à $[t_1, t_2]$.

15 9. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que ledit second codage met en œuvre une estimation de mouvement arrière, entre une image I_{t2} et une image précédente I_{t1} , et une étape de compensation de mouvement dans laquelle les vecteurs mouvement obtenus lors de ladite estimation de mouvement et ne conduisant à aucun retournement sont pondérés par un scalaire $k' = 1-m/(t_1 + t_2)$, $0 \leq k' \leq 1$, de façon à interpoler au moins une image $Im2$, m appartenant à $[t_1, t_2]$.

20 10. Procédé de codage selon les revendications 8 et 9, caractérisé en ce qu'il met en œuvre une estimation arrière et une estimation avant, de façon à obtenir une image estimée Im valant $Im = aE1+(1-a)E2$ avec $0 \leq a \leq 1$.

25 11. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 3 à 10, caractérisé en ce que ladite étape de sélection repose sur la mise en œuvre d'un sous-échantillonnage de facteur fixé N , une image sur N étant codée à l'aide dudit premier codage.

30 12. Procédé de codage selon la revendication 11, caractérisé en ce que N est supérieur à 2.

13. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 11 et 12, caractérisé en ce que N est variable.

14. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 3 à 11, caractérisé en ce que ledit premier codage met en œuvre une transformation sur des blocs d'images et une prédition temporelle par blocs.

15. Procédé de codage selon la revendication 14, caractérisé en ce que ledit premier codage est un codage MPEG-4 ou H26L.

16. Procédé de codage selon la revendication 115, caractérisé en ce que les images délivrées par ledit codage MPEG-4 ou H26L comprennent des images de type I (intra) et/ou de type P (prédictif).

17. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 3 à 16, caractérisé en ce que ledit second codage repose sur la mise en œuvre d'un maillage hiérarchique de M niveaux, M étant supérieur ou égal à 1.

18. Procédé de codage selon la revendication 17, caractérisé en ce que ledit maillage est triangulaire.

19. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 17 et 18, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de gestion des zones d'occlusions.

20. Procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, caractérisé en ce qu'il produit au moins deux flux de données, pouvant être transmis sur des voies de transmission indépendantes.

21. Procédé de codage selon la revendication 20, caractérisé en ce que lesdits flux de données appartiennent au groupe comprenant :

- une entête globale ;
- des données d'image codées selon ledit premier codage ;
- des données d'image codées selon ledit second codage.

22. Procédé de décodage d'un signal d'images codé à l'aide du procédé de codage de l'une quelconque des revendications 1 à 21.

23. Dispositif de codage d'un signal d'images codé à l'aide du procédé de codage de l'une quelconque des revendications 1 à 21.

30 24. Dispositif de décodage d'un signal d'images codé à l'aide du

procédé de codage de l'une quelconque des revendications 1 à 21.

25. Dispositif de décodage selon la revendication 24, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens de détermination d'au moins une partie d'un champ de vecteurs et/ou d'au moins une partie des zones d'occlusion, similaires à ceux mis en œuvre lors du codage.

26. Dispositif de stockage d'au moins un signal d'images codé à l'aide du procédé de codage de l'une quelconque des revendications 1 à 21.

27. Système de codage, de transmission et/ou de décodage d'un signal d'images codé à l'aide du procédé de codage de l'une quelconque des revendications 1 à 17.

28. Système selon la revendication 27, caractérisé en ce qu'une information sur le choix d'un desdits modes de codage est connue d'un décodeur selon au moins une des techniques appartenant au groupe comprenant :

- choix prédefini, connu au codage et au décodage ;
- information représentative du choix incluse dans un flux de données comprenant au moins certaines des données d'images codées ;
- information représentative du choix incluse dans un flux de données indépendant des données d'images codées ;
- détermination du choix de façon intrinsèque, par le décodeur.

29. Produit programme d'ordinateur pour le codage et/ou le décodage d'un signal d'images codé à l'aide du procédé de codage de l'une quelconque des revendications 1 à 21.

30. Support de données portant un programme d'ordinateur pour le codage et/ou le décodage d'un signal d'images codé à l'aide du procédé de codage de l'une quelconque des revendications 1 à 21.
31. Signal de données d'images, caractérisé en ce qu'il comprend des données codées selon le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 21.

30 32. Signal selon la revendication 31, caractérisé en ce qu'au moins un

indicateur indiquant si le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 21 est ou non activé.

33. Signal selon l'une quelconque des revendications 31 et 32, caractérisé en ce qu'il comprend une donnée précisant la structure des trames, en début de séquence vidéo et/ou dans chaque trame de signal.

34. Signal selon l'une quelconque des revendications 31 à 33, caractérisé en ce qu'une séquence codée à l'aide dudit second codage débute par une entête précisant le nombre de trames codées selon ce second codage.

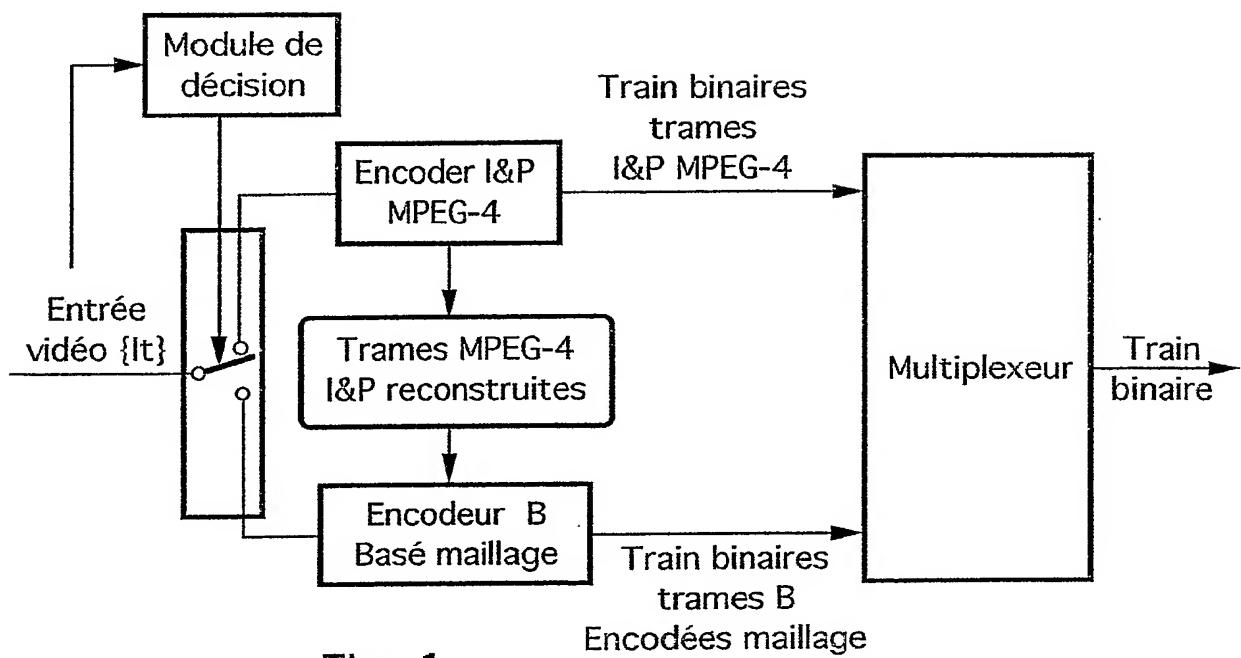
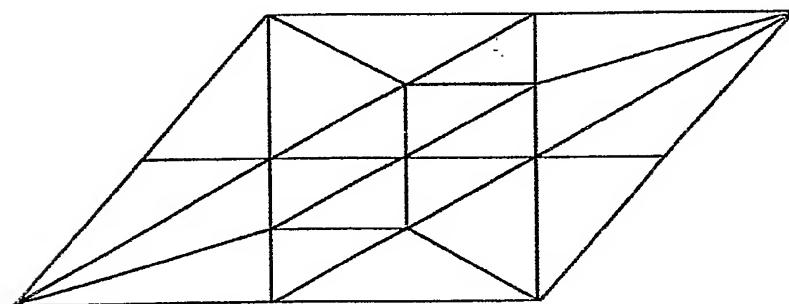
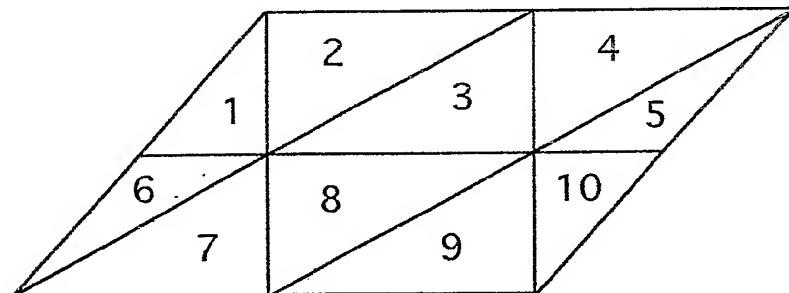
35. Signal selon l'une quelconque des revendications 31 à 34, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux flux de données, pouvant être transmis sur des voies de transmission indépendantes.

36. Signal selon la revendication 35, caractérisé en ce que lesdits flux de données appartiennent au groupe comprenant :

- une entête globale ;
- des données d'image codées selon ledit premier codage ;
- des données d'image codées selon ledit second codage.

37. Application du procédé de codage selon l'une quelconque des revendications 1 à 21 à au moins un des domaines appartenant au groupe comprenant :

- la télévision numérique ;
- la vidéo temps réel sur réseau IP ;
- la vidéo temps réel sur réseau vers les mobiles ;
- le stockage de données d'images.

Fig. 1Fig. 2

2/5

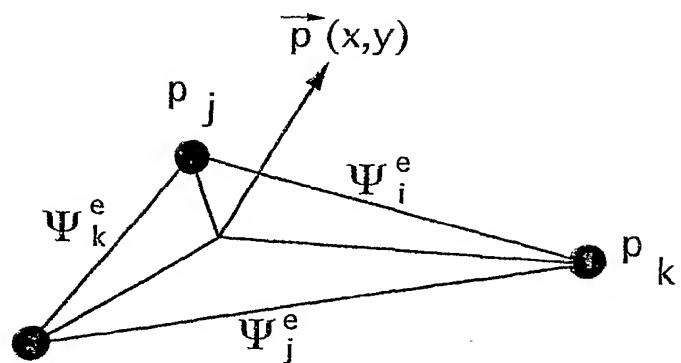


Fig. 3

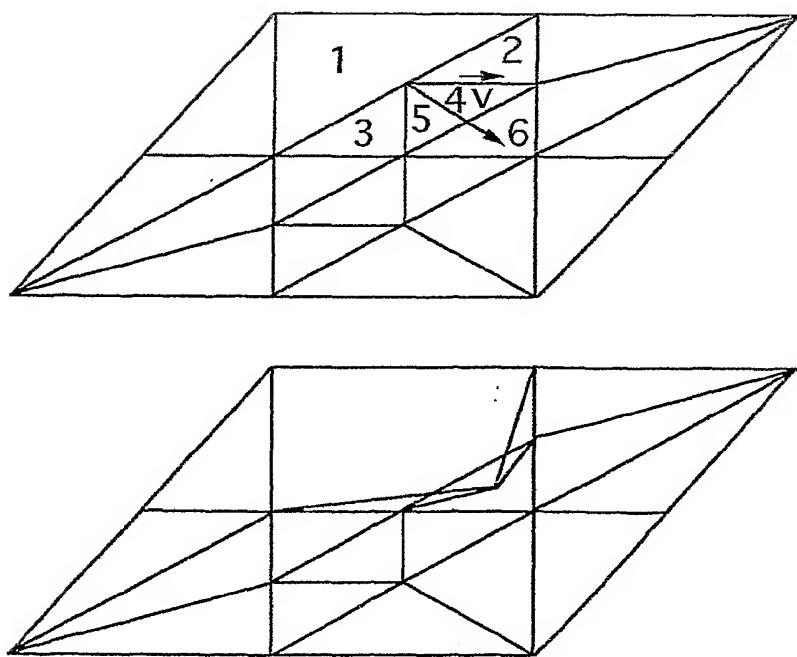
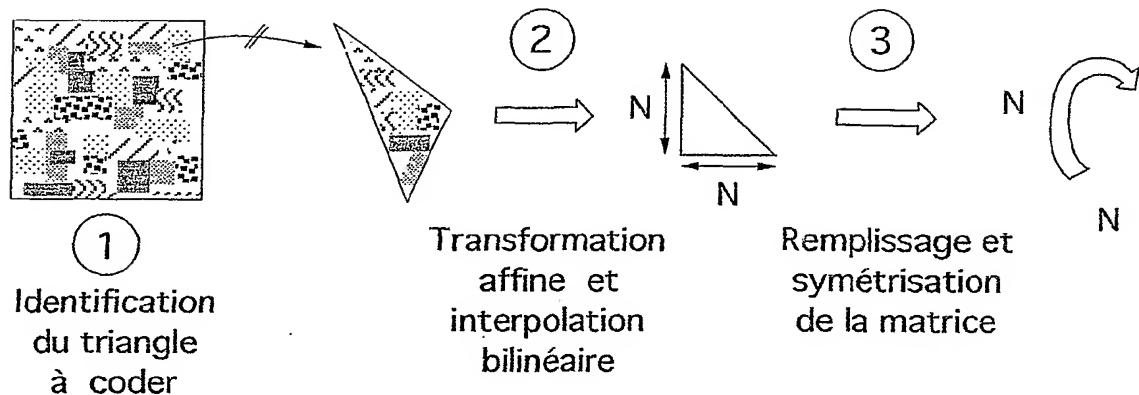
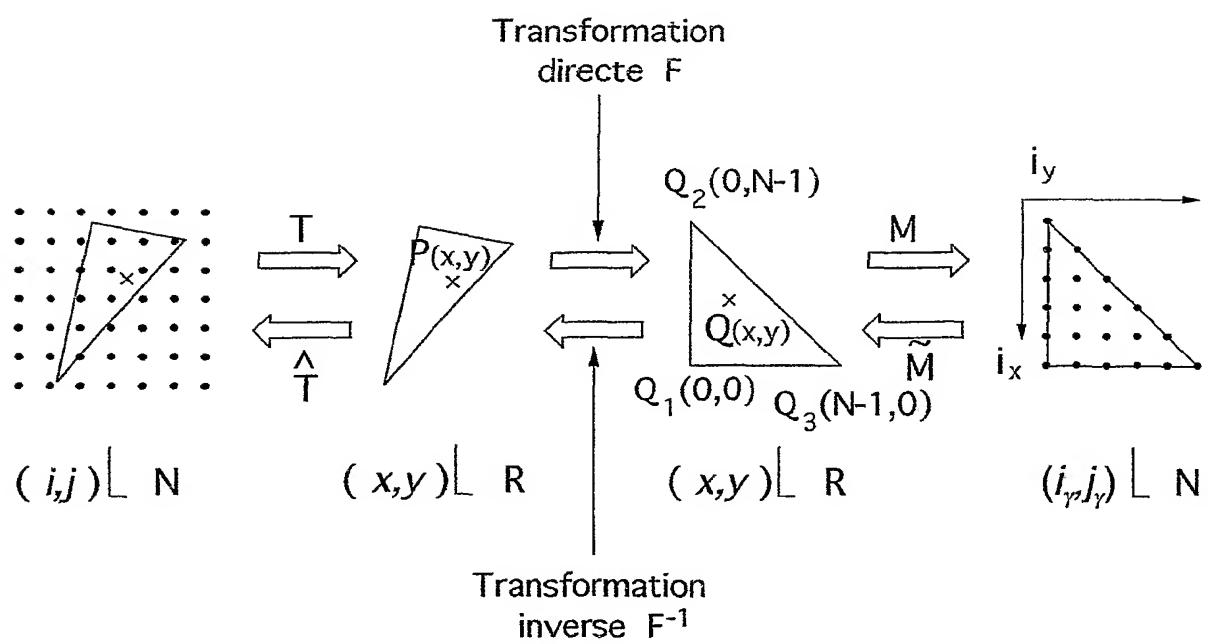


Fig. 4

Fig. 5Fig. 6

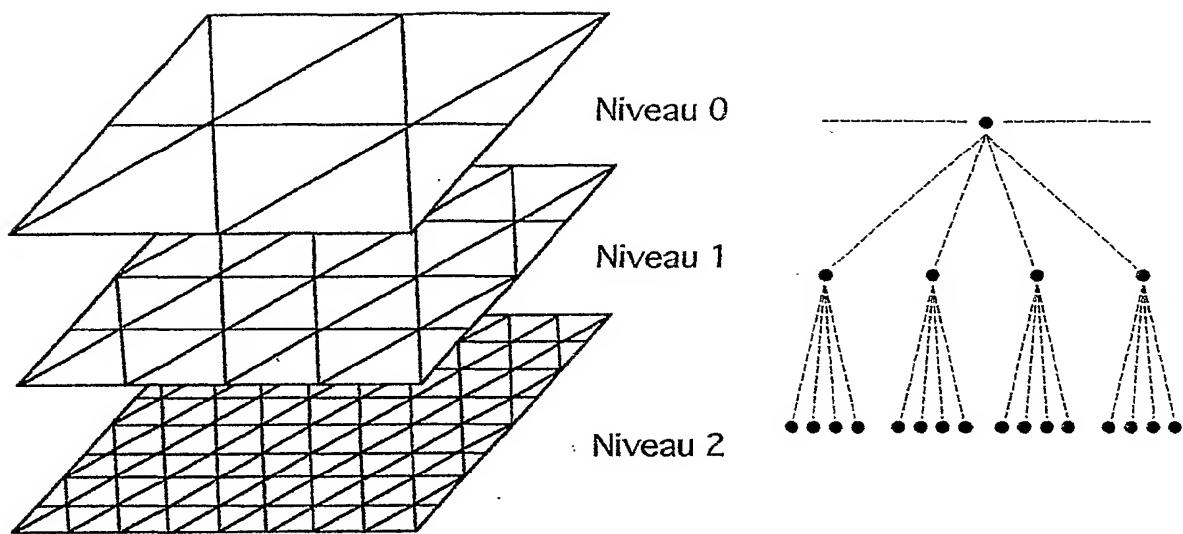


Fig. 7

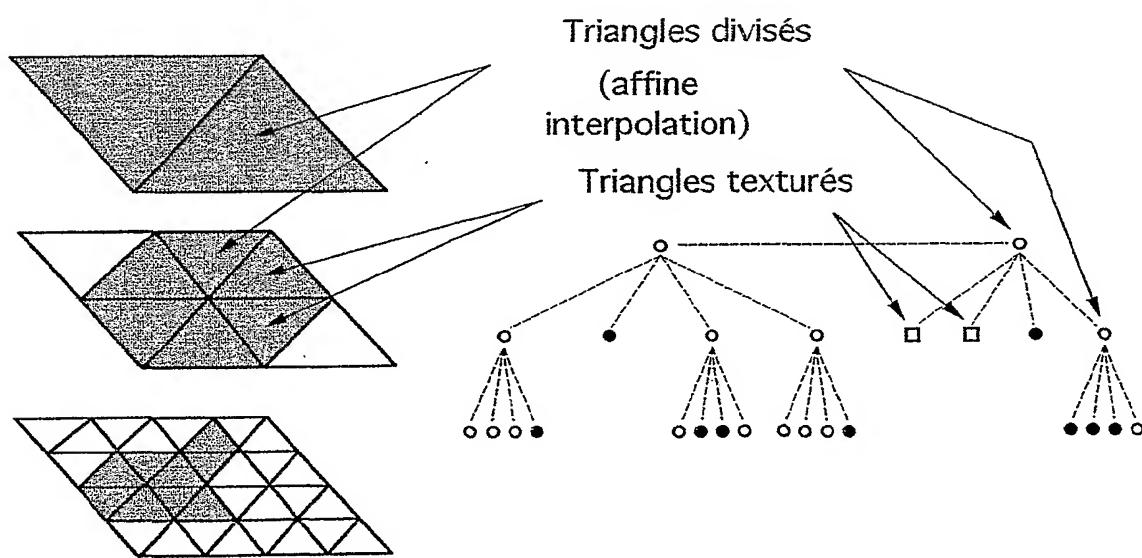
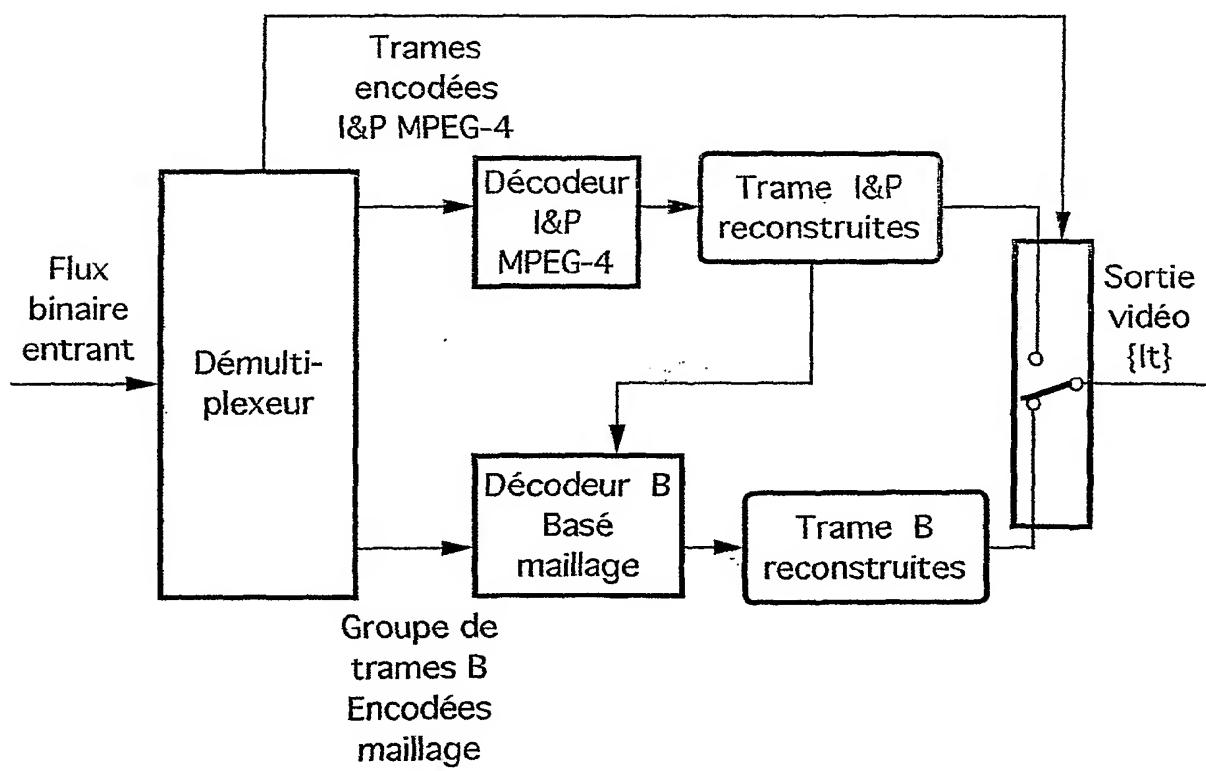


Fig. 8

Entête Flux binaire	Trame 0 MPEG-4	Groupe de trames 1 à $N_1 - 1$, codées maillages	Trame N_1 MPEG-4	Groupe de trames N_1 à $N_2 - 1$, codées maillages	Trame N_2 MPEG-4
---------------------------	-------------------	---	-----------------------	---	-----------------------

Fig. 9Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 02/00322

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04N7/46 H04N7/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 771 117 A (DAE WOO ELECTRONICS CO LTD) 2 May 1997 (1997-05-02) page 4, line 5 - line 28; figure 1 page 4, line 43 -page 6, line 30; figures 3,4	1,3-5,7, 11-14, 20-24, 26,27, 29-37
A	---	2,6, 8-10, 15-19, 25,28 -/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 June 2002

Date of mailing of the international search report

26/06/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL-2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Georgiou, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 02/00322

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 978 030 A (JUNG HAE-MOOK ET AL) 2 November 1999 (1999-11-02) column 6, line 19 -column 7, line 44; figure 1 column 9, line 45 -column 10, line 49; figure 3	1, 3-5, 7, 11-14, 20-24, 26, 27, 29-37
A	---	2, 6, 8-10, 15-19, 25, 28
Y	TUDOR P N: "MPEG-2 VIDEO COMPRESSION TUTORIAL" IEE COLLOQUIUM ON MPEG WHAT IT IS AND WHAT IT ISN'T, IEE, LONDON, GB, 1995, pages 2-1-2-8, XP000562433 * alinéa 'Picture types! *'	2, 28
Y	"MPEG-4 OVERVIEW - (MAUI VERSION)" ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N3156, XX, XX, December 1999 (1999-12), pages 1-57, XP001009690 * alinéa '2.5.8.1 Resynchronization! *'	2, 28
Y	WO 97 39577 A (SOMERVILLE STUART ;KNEE MICHAEL JAMES (GB); SNELL & WILCOX LTD (GB) 23 October 1997 (1997-10-23) page 3, line 27 -page 5, line 7	2, 28
A	NEWCGLOWSKI J ET AL: "MOTION COMPENSATED VIDEO SEQUENCE INTERPOLATION USING DIGITAL IMAGEWARPING" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP). I. IMAGE AND MULTIDIMENSIONAL SIGNAL PROCESSING. ADELAIDE, APR. 19 - 22, 1994, NEW YORK, IEEE, US, vol. 5 CONF. 19, 19 April 1994 (1994-04-19), pages V-205-V-208, XP000522474 ISBN: 0-7803-1776-9 paragraphs '0III!', 'VI.A!'	1-37
	---	-/-

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 02/00322

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	LECHAT P ET AL: "COMBINED MESH BASED IMAGE REPRESENTATION AND MOTION ESTIMATION, APPLICATION TO VIDEO CODING" PROCEEDINGS OF THE 1998 INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING. ICIP '98. CHICAGO, IL, OCT. 4 - 7, 1998, INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING, LOS ALAMITOS, CA: IEEE COMPUTER SOC, US, VOL. 2 CONF. 5, 4 October 1998 (1998-10-04), pages 909-913, XP000827604 ISBN: 0-8186-8822-X paragraphs '0002!, '0004!, '0005!; figure 5	1-37
A	US 4 383 272 A (NETRAVALI ARUN N ET AL) 10 May 1983 (1983-05-10) column 3, line 24 -column 4, line 13; figure 2	1-37
A	DEPOMMIER R ET AL: "MOTION ESTIMATION WITH DETECTION OF OCCLUSION AREAS" MULTIDIMENSIONAL SIGNAL PROCESSING. SAN FRANCISCO, MAR. 23 - 26, 1992, PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), NEW YORK, IEEE, US, VOL. 3 CONF. 17, 23 March 1992 (1992-03-23), pages 269-272, XP000378925 ISBN: 0-7803-0532-9 paragraph '0001!; figure 1	1-37
A	LAURENT N: "Hierarchical mesh-based global motion estimation, including occlusion areas detection" INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (ICIP 2000); VANCOUVER, BC, CANADA SEP 10-13 2000, VOL. 3, 2000, pages 620-623, XP002201979 IEEE Int Conf Image Process; IEEE International Conference on Image Processing 2000 the whole document	1-37
A	GB 2 279 531 A (SONY UK LTD) 4 January 1995 (1995-01-04) page 9, line 30 -page 10, line 20; figure 6	1-37

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int'l Application No

PCT/FR 02/00322

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0771117	A	02-05-1997	KR CN EP JP US	209793 B1 1152844 A 0771117 A2 9191460 A 5668600 A	15-07-1999 25-06-1997 02-05-1997 22-07-1997 16-09-1997
US 5978030	A	02-11-1999	KR AT AU AU BR CA CZ DE DE EP FI JP WO NO PL	181034 B1 207279 T 711311 B2 2420695 A 9510541 A 2215386 A1 9702902 A3 69523340 D1 69523340 T2 0815690 A1 973715 A 11506576 T 9629828 A1 974209 A 322302 A1	01-05-1999 15-11-2001 07-10-1999 08-10-1996 09-06-1998 26-09-1996 18-02-1998 22-11-2001 02-05-2002 07-01-1998 17-11-1997 08-06-1999 26-09-1996 31-10-1997 19-01-1998
WO 9739577	A	23-10-1997	AU EP WO	2518497 A 0893025 A1 9739577 A1	07-11-1997 27-01-1999 23-10-1997
US 4383272	A	10-05-1983	NONE		
GB 2279531	A	04-01-1995	JP	8009339 A	12-01-1996

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De
nde Internationale No

PCT/FR 02/00322

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H04N7/46 H04N7/36

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H04N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 771 117 A (DAE WOO ELECTRONICS CO LTD) 2 mai 1997 (1997-05-02) page 4, ligne 5 – ligne 28; figure 1 page 4, ligne 43 –page 6, ligne 30; figures 3,4	1, 3-5, 7, 11-14, 20-24, 26, 27, 29-37
A	— —/—	2, 6, 8-10, 15-19, 25, 28

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

12 juin 2002

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

26/06/2002

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3046

Fonctionnaire autorisé

Georgiou, G

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De
nde Internationale No
PCT/FR 02/00322

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 5 978 030 A (JUNG HAE-MOOK ET AL) 2 novembre 1999 (1999-11-02) colonne 6, ligne 19 -colonne 7, ligne 44; figure 1 colonne 9, ligne 45 -colonne 10, ligne 49; figure 3	1, 3-5, 7, 11-14, 20-24, 26, 27, 29-37
A		2, 6, 8-10, 15-19, 25, 28
Y	TUDOR P N: "MPEG-2 VIDEO COMPRESSION TUTORIAL" IEE COLLOQUIUM ON MPEG WHAT IT IS AND WHAT IT ISN'T, IEE, LONDON, GB, 1995, pages 2-1-2-8, XP000562433 * alinéa 'Picture types! *'	2, 28
Y	"MPEG-4 OVERVIEW - (MAUI VERSION)" ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N3156, XX, XX, décembre 1999 (1999-12), pages 1-57, XP001009690 * alinéa '2.5.8.1 Resynchronization! *'	2, 28
Y	WO 97 39577 A (SOMERVILLE STUART ;KNEE MICHAEL JAMES (GB); SNELL & WILCOX LTD (GB) 23 octobre 1997 (1997-10-23) page 3, ligne 27 -page 5, ligne 7	2, 28
A	NEWGLOWSKI J ET AL: "MOTION COMPENSATED VIDEO SEQUENCE INTERPOLATION USING DIGITAL IMAGEWARPING" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP). I. IMAGE AND MULTIDIMENSIONAL SIGNAL PROCESSING. ADELAIDE, APR. 19 - 22, 1994, NEW YORK, IEEE, US, vol. 5 CONF. 19, 19 avril 1994 (1994-04-19), pages V-205-V-208, XP000522474 ISBN: 0-7803-1776-9 alinéas 'OIII!', 'VI.A!'	1-37
	---	-/-

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De
nde Internationale No
PCT/FR 02/00322

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	LECHAT P ET AL: "COMBINED MESH BASED IMAGE REPRESENTATION AND MOTION ESTIMATION, APPLICATION TO VIDEO CODING" PROCEEDINGS OF THE 1998 INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING. ICIP '98. CHICAGO, IL, OCT. 4 - 7, 1998, INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING, LOS ALAMITOS, CA: IEEE COMPUTER SOC, US, vol. 2 CONF. 5, 4 octobre 1998 (1998-10-04), pages 909-913, XP000827604 ISBN: 0-8186-8822-X alinéas '0002!, '0004!, '0005!; figure 5	1-37
A	US 4 383 272 A (NETRAVALI ARUN N ET AL) 10 mai 1983 (1983-05-10) colonne 3, ligne 24 -colonne 4, ligne 13; figure 2	1-37
A	DEPOMMIER R ET AL: "MOTION ESTIMATION WITH DETECTION OF OCCLUSION AREAS" MULTIDIMENSIONAL SIGNAL PROCESSING. SAN FRANCISCO, MAR. 23 - 26, 1992, PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP), NEW YORK, IEEE, US, vol. 3 CONF. 17, 23 mars 1992 (1992-03-23), pages 269-272, XP000378925 ISBN: 0-7803-0532-9 alinéa '0001!; figure 1	1-37
A	LAURENT N: "Hierarchical mesh-based global motion estimation, including occlusion areas detection" INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (ICIP 2000); VANCOUVER, BC, CANADA SEP 10-13 2000, vol. 3, 2000, pages 620-623, XP002201979 IEEE Int Conf Image Process; IEEE International Conference on Image Processing 2000 le document en entier	1-37
A	GB 2 279 531 A (SONY UK LTD) 4 janvier 1995 (1995-01-04) page 9, ligne 30 -page 10, ligne 20; figure 6	1-37

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Document brevet cité

au rapport de recherche

De

nde Internationale No

PCT/FR 02/00322

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0771117	A 02-05-1997	KR 209793 B1 CN 1152844 A EP 0771117 A2 JP 9191460 A US 5668600 A	15-07-1999 25-06-1997 02-05-1997 22-07-1997 16-09-1997
US 5978030	A 02-11-1999	KR 181034 B1 AT 207279 T AU 711311 B2 AU 2420695 A BR 9510541 A CA 2215386 A1 CZ 9702902 A3 DE 69523340 D1 DE 69523340 T2 EP 0815690 A1 FI 973715 A JP 11506576 T WO 9629828 A1 NO 974209 A PL 322302 A1	01-05-1999 15-11-2001 07-10-1999 08-10-1996 09-06-1998 26-09-1996 18-02-1998 22-11-2001 02-05-2002 07-01-1998 17-11-1997 08-06-1999 26-09-1996 31-10-1997 19-01-1998
WO 9739577	A 23-10-1997	AU 2518497 A EP 0893025 A1 WO 9739577 A1	07-11-1997 27-01-1999 23-10-1997
US 4383272	A 10-05-1983	AUCUN	
GB 2279531	A 04-01-1995	JP 8009339 A	12-01-1996